

PENGARUH KADAR *FILLER* KITOSAN DAN *PLASTICIZER* GLISEROL TERHADAP SIFAT DAN MORFOLOGI BIOPLASTIK BERBASIS PATI SAGU

Ummy Aisyah Rochaeni¹, Irdoni HS², Bahruddin²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

¹E-mail: ummy.aisyahr@yahoo.co.id

ABSTRACT

Bioplastic can be made from renewable materials like starch. Properties of sago starch based bioplastic is to be improved by addition of filler and plasticizer. The aim of this research is to know the effect of addition of chitosan filler and glycerol plasticizer to the properties of tensile strength, elongation at break, water absorption and biodegradation from sago starch. In this research with casting method of making bioplastic with starch 10 gr. Furthermore, variations of chitosan filler (2, 3 and 4%w/w), glycerol (3, 4 and 5 ml) and varieties of starch heating temperature (75, 80 and 85 °C). The bioplastics were characterized by tensile strength, elongation, water uptake, biodegradation, SEM (Scanning Electron Microscopy) and analyzed by using Design Expert v10.0.1. The most significant factor for all responses was the composition of chitosan filler followed by glycerol and temperature. On the best process conditions (chitosan filler 4.68% w/w at 80°C with 4 ml glycerol) was obtained the best response value for tensile strength 9.96 MPa, elongation 17.89%, water absorption 10.95% and biodegradation 40.02%.

Keywords : *bioplastic, chitosan, glycerol, mechanical properties, sago starch.*

1. Pendahuluan

Bioplastik merupakan salah satu jenis plastik yang hampir keseluruhannya terbuat dari bahan yang dapat diperbarui, seperti pati dan minyak nabati sehingga dapat melestarikan sumber daya alam yang terbatas. Ketersediaan bahan dasarnya di alam sangat melimpah dengan keragaman struktur [Stevens, 2002]. Beberapa bioplastik yang dikenal paling umum di dunia saat ini adalah *poly lactic acid* (PLA), *poly hydroxy alkanoate* (PHA), bioplastik berbahan dasar pati dan lain-lain. Bioplastik berbahan dasar pati paling menguasai hingga 66% pasar bioplastik, diikuti 27% PLA dan PHA dan 7% dengan bahan lainnya [Swani dkk., 2010].

Sagu (*Metroxylon* sp) merupakan salah satu jenis tumbuhan palem wilayah tropika basah. Tanaman ini tumbuh pada daerah rawa air tawar, rawa bergambut, daerah sepanjang aliran sungai, sekitar sumber air, atau hutan-hutan rawa. Luas areal tanaman sagu di dunia lebih kurang 2.187.000 hektar, tersebar mulai dari Pasifik Selatan, Papua Nugini, Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Sebanyak 1.111.264 hektar diantaranya

terdapat di Indonesia [Direktorat Jendral Perkebunan, 2014]. Sagu memiliki kandungan yaitu karbohidrat sebesar 76,06 gr serta amilosa 28,34 gr per 100 gr sagu [Richana dkk., 2000]. Produktivitas pati sagu kering mencapai 25 ton/Ha/tahun tanaman sagu, lebih banyak dibanding ubi kayu yang hanya 1,5 ton/Ha/tahun, kentang sebesar 2,5 ton/Ha/tahun maupun jagung sebesar 5,5 ton/Ha/tahun [Haryadi, 1992]. Berdasarkan kandungan karbohidrat dan amilosa serta produktivitas pati yang tinggi, sagu memiliki potensi untuk dijadikan bahan dasar pembuatan bioplastik berbasis pati.

Kitosan adalah polisakarida yang banyak terdapat di alam setelah selulosa. Kitosan merupakan suatu senyawa poli (*N*-amino-2 deoksi β -D-glukopiranos) atau glukosamin hasil deasetilasi kitin (*N*-asetil-2 amino-2-deoksi β -D glukopiranos) yang diproduksi dalam jumlah besar di alam, yaitu terdapat pada limbah udang dan kepiting [Wahyuningrum dkk., 2010]. Pemanfaatan kitosan sebagai bahan tambahan pada pembuatan film plastik berfungsi untuk memperbaiki transparansi film plastik yang dihasilkan. Semakin banyak kitosan yang

digunakan maka sifat mekanik dan ketahanan terhadap air dari produk bioplastik yang dihasilkan semakin baik [Sanjaya dan Puspita, 2009]. Selain itu, kitosan tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi dan bersifat polielektrolitik.

Komponen terbesar dalam *film biodegradable* adalah *plasticizer*. Penambahan *plasticizer* pada *film biodegradable* ditujukan untuk mengurangi kerapuhan yang disebabkan tekanan intermolekular yang tinggi. Pada penelitian ini, *plasticizer* yang digunakan adalah gliserol. Gliserol cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Secara teoritis, *plasticizer* dapat menurunkan gaya internal di antara rantai polimer, sehingga akan menurunkan tingkat kekakuan dan meningkatkan permeabilitas terhadap uap air [Gontard dkk., 1993].

Perkembangan teknologi plastik ramah lingkungan dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat serta penelitian mengenai pengaruh penambahan *filler* dan *plasticizer* khususnya jenis *filler* kitosan selama ini telah banyak dilakukan [Yuniarti dkk., 2014; Radhiyatullah dkk., 2015; Sirait, 2015]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, secara umum melakukan pengembangan terhadap sifat mekanik, morfologi dan biodegradabilitas bioplastik menggantikan plastik konvensional dengan melakukan variasi komposisi terhadap bahan baku, *plasticizer* serta *filler* yang digunakan. Namun sifat mekanik, morfologi dan biodegradabilitas yang dihasilkan tidak konsisten seiring dengan perbedaan jenis serta komposisi *plasticizer*, *filler* dan bahan baku yang digunakan sehingga ketiga variabel ini menjadi perhatian utama peneliti untuk membuat bioplastik yang lebih representatif. Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian dengan variasi komposisi *filler* yang digunakan yaitu *filler* kitosan dan *plasticizer* gliserol terhadap bahan baku pati sagu dengan tujuan dapat menutupi kelemahan bioplastik yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya.

2. Metodologi Penelitian

Bahan

Pembuatan bioplastik dalam penelitian ini menggunakan bahan baku pati sagu komersial, *filler* kitosan yang diproduksi oleh CV. ChiMultiguna, asam asetat 96% (Bratachem), akuades dan *plasticizer* gliserol (Bratachem).

Penyiapan Sampel Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik menggunakan metode *casting*. Mula-mula ke dalam gelas piala dimasukkan 2%b/b (0,2 gr) kitosan dan 10 ml CH₃COOH kemudian diaduk sampai homogen. Kemudian masukkan larutan pati sagu 10 gr kedalam 140 ml air sambil diaduk. Setelah itu, ditambahkan gliserol sebanyak 3 ml dan diaduk sampai homogen. Larutan kemudian dipanaskan pada *hot-plate* dengan suhu mencapai 75°C sambil diaduk. Larutan tersebut kemudian dituangkan ke cetakan 30 × 20 cm lalu dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Setelah kering, bioplastik dilepaskan dari cetakan dan siap untuk dianalisa.

Pengujian Sampel Bioplastik

Sampel bioplastik yang telah kering akan dilakukan pengujian sifat mekanik berupa kuat tarik dan elongasi (ASTM D822) yang dilakukan di Laboratorium Polimer Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, *water uptake* (ASTM D570-98), biodegradasi (DIN EN ISO 846) dan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas.

Rancangan Penelitian

Metode pendekatan model yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan *Design Expert v10.0.1 Trial Version*. Secara sederhana persamaan RSM adalah regresi multivariabel dari sekumpulan data yang akan diobservasi, prosesnya mudah diterapkan jika sekumpulan data yang dibutuhkan telah tersedia. Maka untuk mengaplikasikan RSM dibutuhkan rancangan

percobaan yang tepat. Rancangan percobaan menjelaskan secara sistematis sekumpulan data yang efisien dari titik sampel eksperimental dimana respon harus dihitung atau diamati [Montgomery, 2013].

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah *Design Expert v10.0.1 Trial Version*. Salah satu rancangan percobaan yang dapat digunakan untuk RSM adalah *Central Composite Design* (CCD). Pada CCD nilai aktual dari variabel proses (ξ_i) dinyatakan dalam *coded variables* (X_i) untuk memudahkan perhitungan dalam pengolahan data. CCD adalah rancangan percobaan berbasis desain faktorial, yang dapat mengestimasi model kuadratik untuk setiap respon. Maka, jumlah tempuhan penelitian ini sebanyak 20 kali (8 *factorial point*, 6 *star point*, 6 *central point*).

Tabel 1 Tempuhan Rancangan Percobaan

Run	Natural Variables		
	Kitosan (%)	Gliserol (ml)	Suhu (°C)
1	4	3	75
2	2	5	75
3	3	4	80
4	4	3	85
5	3	4	88,41
6	3	4	80
7	2	5	85
8	1,32	4	80
9	3	2,32	80
10	2	3	75
11	3	5,68	80
12	4,68	4	80
13	2	3	85
14	4	5	75
15	3	4	80
16	3	4	80
17	3	4	80
18	4	5	85
19	3	4	80
20	3	4	71,60

3. Hasil dan Pembahasan

Response Surface Methodology (RSM) adalah desain dan evaluasi model untuk

mengetahui pengaruh variabel terhadap respon. Variabel kondisi proses x_1 = *Filler Kitosan* (%), x_2 = *Gliserol* (ml) dan x_3 = *Suhu Pemanasan* (°C) dan variabel respon Y_1 = *Kuat Tarik* (MPa), Y_2 = *Elongasi* (%), Y_3 = *Water Uptake* (%) dan Y_4 = *Biodegradasi* (%) dimasukkan ke dalam rancangan percobaan CCD dengan menggunakan kode variabel pada rentang tertentu. Untuk dapat menggunakan model persamaan orde 1, *p-value* pada uji kelengkungan haruslah di bawah tingkat probabilitas yang digunakan yaitu $p < 5\%$ atau $p < 0,05$ yang menunjukkan adanya kecenderungan variabel-variabel percobaan untuk membentuk kelengkungan. Rangkuman hasil uji kelengkungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rangkuman Hasil Uji Kelengkungan

Respon	<i>p-value</i> <i>curvature</i>	Keterangan
Kuat Tarik	0,1604	Tidak signifikan
Elongasi	0,5261	Tidak signifikan
<i>Water Uptake</i>	0,1281	Tidak signifikan
Biodegradasi	0,7223	Tidak signifikan

Berdasarkan Tabel 2, *p-value* dari uji kelengkungan menunjukkan adanya tingkat tidak signifikansi untuk semua respon dengan *p-value* untuk *curvature* pada tiap respon adalah $p > 0,05$ yang berarti bahwa terdapat tidak adanya kelengkungan. R^2 dan juga *lack of fit* juga merupakan bagian dari pengujian secara numerik menggunakan ANOVA. Rangkuman nilai R^2 dan *lack of fit* untuk setiap model dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rangkuman Nilai R^2 dan *Lack Of Fit* untuk Setiap Respon

Respon	R^2	<i>P-value</i> <i>Lack of Fit</i>	Keterangan
Kuat Tarik	0,8968	0,1557	Tidak Signifikan
Elongasi	0,7400	0,1844	Tidak Signifikan
<i>Water Uptake</i>	0,6592	0,7005	Tidak Signifikan
Biodegradasi	0,9460	0,9109	Tidak Signifikan

Tahapan selanjutnya dari RSM adalah uji simultan menggunakan ANOVA. Uji simultan dilakukan untuk melihat pengaruh setiap komponen terhadap model berdasarkan *p-value*. *P-value* adalah fungsi dari model hasil pengujian yang digunakan untuk menguji komponen pada level probabilitas (α) tertentu. Rangkuman hasil *p-*

value untuk setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rangkuman *P-value* untuk Variabel Respon (Y_i)

Sumber Varian	<i>P-value</i>			
	Kuat Tarik	Elongasi	Water Uptake	Biodegradasi
Model	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001
A-Filler Kitosan	<0,0001	0,0005	0,0001	<0,0001
B-Plasticizer Gliserol	0,0095	0,0091	0,0240	0,0004
C-Suhu	0,0179	0,0007	0,9865*	0,3751*
AB	-	-	-	-
AC	-	-	-	-
BC	-	-	-	-
ABC	-	-	-	-
A ²	-	-	-	-
B ²	-	-	-	-
C ²	-	-	-	-

Keterangan : *Tidak signifikan pada $\alpha = 0,05$

Dari Tabel 4 dapat dilihat komponen model yang memiliki pengaruh terhadap variabel respon (Y_i). Tingkat probabilitas yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$, maka variabel yang memiliki *p-value* kecil dari $\alpha = 0,05$ merupakan variabel yang memberikan pengaruh signifikan pada model. Sedangkan *p-value* yang memiliki nilai lebih besar dari 0,5 merupakan variabel yang tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap model. Pengujian hipotesis pada uji simultan dilakukan dengan menghitung F_0 (F_{hitung}) untuk setiap variabel respon. Nilai F_0 dapat ditentukan menggunakan perbandingan *mean square* regresi terhadap *mean square error*, dimana jika perbandingan $F_{hitung} > F_{(\alpha, df1, df2)}$ maka H_0 ditolak. Rangkuman untuk setiap Nilai F_0 respon dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rangkuman Nilai F_0 Untuk Setiap Variabel Respon (Y_i)

Respon	Sumber	SS	DoF	MS	F_0	F_{tabel}
Kuat Tarik	Regresi	71,42	3	23,81	46,34	3,24
	Error	8,22	16	0,51		
	Total	79,64				
Elongasi	Regresi	404,88	3	134,96	15,18	3,24
	Error	142,25	16	8,89		
	Total	547,13	19			
Water Uptake	Regresi	77,36	3	25,79	10,31	3,24
	Error	40,00	16	2,50		
	Total	117,36	19			
Biodegradasi	Regresi	130,27	3	43,42	93,49	3,24
	Error	7,43	16	0,46		
	Total	137,70	19			

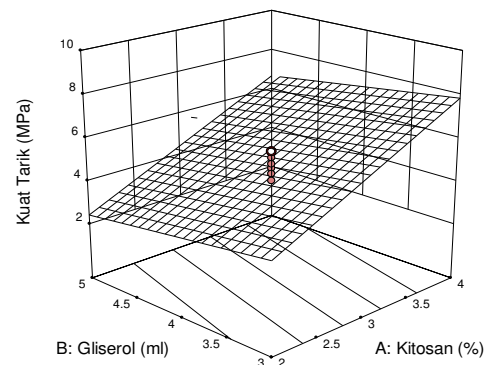
Dari hasil analisa RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap masing-masing respon. Berikut masing-masing pengaruh kondisi proses terhadap respon.

Analisa Respon Kuat Tarik

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon kuat tarik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linier dari model kuat tarik dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 1.

$$Y_1 = 9,15256 + 2,15438x_1 - 0,57167x_2 - 0,10233x_3 \dots \dots \dots (1)$$

Dari persamaan 1 dapat dilihat hasil pengujian *p-value*, *filler* kitosan, gliserol dan suhu pemanasan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik. Pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Respon Permukaan *Filler* dan *Plasticizer* Terhadap Respon Nilai Kuat Tarik pada Suhu Pemanasan 80°C

Berdasarkan data ANOVA dan Gambar 1 yang menunjukkan bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler*, yaitu 1,32-4,68%b/b menghasilkan kuat tarik (*tensile strength*) semakin tinggi yaitu 2,03-9,96 MPa. Peningkatan kuat tarik dengan bertambahnya komposisi *filler* juga terjadi dengan penelitian Coniwanti dkk (2014), Kristiani (2015) dan Sirait (2015). Semakin besar konsentrasi kitosan yang ditambahkan maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terbentuk dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan semakin sulit untuk diputus [Utari, 2008].

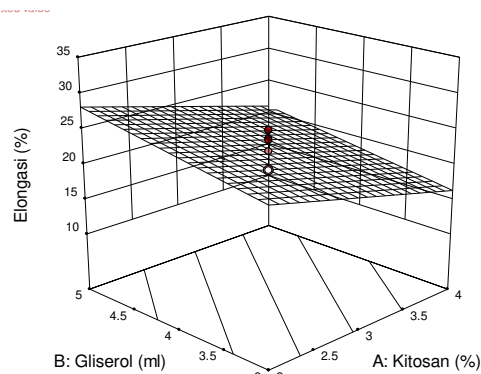
Analisa Respon Elongasi

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses

terhadap respon elongasi. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linier dari model elongasi dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 2.

$$Y_2 = -31,20589 - 3,51181x_1 + 2,39510x_2 + 0,68051x_3 \dots \dots \dots (2)$$

Dari persamaan 2 dapat dilihat hasil pengujian *p-value*, *filler* kitosan, gliserol dan suhu pemanasan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap elongasi. Pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Respon Permukaan *Filler* dan *Plasticizer* Terhadap Respon Nilai Elongasi pada Suhu Pemanasan 80°C

Berdasarkan data ANOVA dan Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin meningkatnya *plasticizer* dan suhu pemanasan menghasilkan elongasi (*elongation at break*) semakin tinggi. Peningkatan nilai elongasi bertambahnya suhu juga terjadi dengan penelitian Kristiani (2015) dan Sirait (2015). Hal tersebut dikarenakan pada temperatur pemanasan yang tinggi terjadi pemutusan ikatan hidrogen maupun ikatan glikosidik pada rantai-rantai amilosa. Maka dengan tingginya temperatur pemanasan larutan bioplastik, kekakuan struktur bioplastik akan berkurang akibat semakin banyaknya ikatan yang putus, ditambah lagi dengan adanya *plasticizer* yang meningkatkan volume bioplastik sehingga terbentuk ruangan yang lebih luas untuk meningkatkan gerak segmental yang panjang

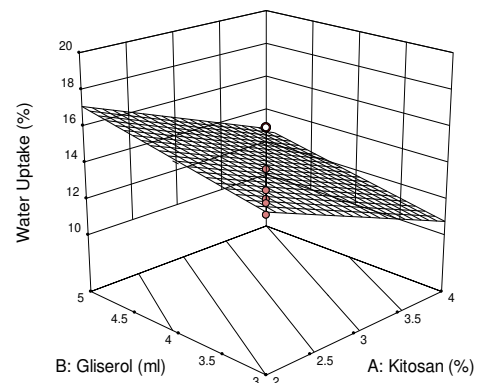
dari molekul-molekul polimer dalam bioplastik [Haryanti dkk., 2014].

Analisa Respon Water Uptake

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon *water uptake*. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linier dari model *water uptake* dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 3.

$$Y_3 = 16,06420 - 21,2733x_1 + 1,06714x_3 \dots \dots \dots (3)$$

Dari persamaan 3 dapat dilihat hasil pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Respon Permukaan *Filler* dan *Plasticizer* Terhadap Respon Nilai *Water Uptake* pada Suhu Pemanasan 80°C

Berdasarkan data ANOVA dan Gambar 3 yang menunjukkan bahwa semakin meningkatnya *filler* menghasilkan nilai *water uptake* semakin rendah. Rendahnya nilai *water uptake* akibat bertambahnya *filler* juga terjadi pada penelitian Kristiani (2015) dan Sirait (2015). Hal ini disebabkan semakin besar kadar *filler* kitosan maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut [Utari, 2008].

Selain itu, kitosan sebagai biopolimer telah memberikan sifat ketahanan air yang baik pada bahan bioplastik, dikarenakan sifat

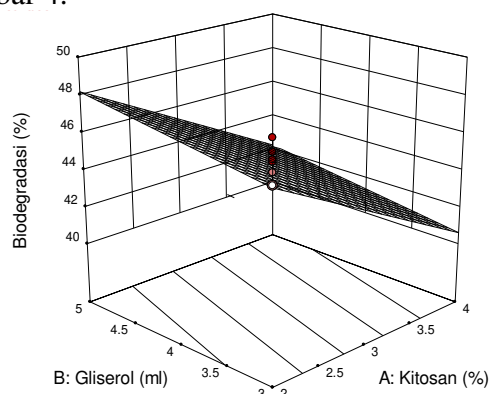
kitosan yang hidrofobik (tidak suka air) dan mudah mengalami biodegradasi [Kumar, 2000]. Sedangkan untuk *plasticizer*, nilai *water uptake* berbanding lurus, hal ini karena sifat gliserol yang hidrofilik sehingga dapat meningkatkan penyerapan air [Marbun, 2012].

Analisa Respon Biodegradasi

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon biodegradasi. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linier dari model biodegradasi dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 4.

$$Y_4 = 50,00011 - 2,96992x_1 + 0,83063x_2 \dots \dots \dots (4)$$

Dari persamaan 4 dapat dilihat hasil pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 4.



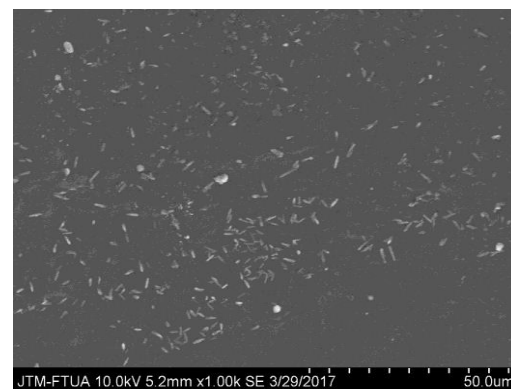
Gambar 4. Grafik Respon Permukaan *Filler* dan *Plasticizer* Terhadap Respon Nilai Biodegradasi pada Suhu Pemanasan 80°C

Berdasarkan data ANOVA dan Gambar 4 yang menunjukkan bahwa semakin meningkatnya *filler* menghasilkan nilai biodegradasi semakin rendah, namun semakin meningkat dengan penambahan gliserol. Rendahnya nilai biodegradasi akibat bertambahnya *filler* juga terjadi pada penelitian Coniwanti dkk (2014). Pada penelitian Coniwanti dkk (2014), semakin meningkatnya konsentrasi kitosan, maka bioplastik akan lebih sulit untuk didegradasi.

Hal tersebut disebabkan oleh kitosan sebagai penguat alami memiliki sifat hidrofobik yaitu sukar larut di dalam air yang terkandung di dalam di tanah. Penyebab lainnya, yaitu karena kitosan memiliki sifat yang tahan terhadap serangan mikroorganisme pengurai yang terkandung di dalam tanah.

Analisa Morfologi Bioplastik

Uji morfologi bioplastik secara langsung ditunjukkan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui bentuk dan struktur permukaan dari sampel bioplastik. Hasil dari analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) bioplastik menunjukkan persebaran dari *filler* kitosan pada matriks pati sagu dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) perbesaran 1000x

Dari Gambar 5, foto permukaan bioplastik hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*) diatas merupakan sampel terbaik dengan *filler* 4,68%, jumlah *plasticizer* gliserol 4 ml dan suhu pemanasan 80°C. dapat dilihat bahwa persebaran *filler* belum cukup merata dan terjadi penggumpalan *filler* hal ini dapat mengakibatkan rendahnya sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan, karena adanya penumpukan *filler* sehingga tidak terjadi interaksi antara *filler* dengan matriks [Ma dkk., 2007]. Dibutuhkan kompatibilizer dan teknik pengadukan yang lebih baik seperti dengan menggunakan *ultrasonic processing*

agar dapat meningkatkan persebaran *filler* [Marbun, 2012].

4. Kesimpulan

Bioplastik dengan karakteristik terbaik diperoleh pada bioplastik dengan variasi *filler* kitosan 4,68%b/b, jumlah *plasticizer* gliserol 4 ml dan suhu 80°C di mana diperoleh nilai kuat tarik 9,96 MPa, elongasi 17,89%, *water uptake* 10,95% dan biodegradasi 40,02%.

Daftar Pustaka

- Coniwanti, Pamilia., Laila, Linda., Alfira, Mardiyah Rizka. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradabel Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Sriwijaya. 4 (20) : 22-30.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. Statistik Perkebunan Indonesia Tahun 2011-2013. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Haryadi. 1992. Laporan Penelitian Mie Kering dari Berbagai Pati, *TP –UGM*. Yogyakarta.
- Haryanti, Pepita., Setyawati, Retno dan Wicaksono, Rumpoko. 2014. Pengaruh Suhu Dan Lama Pemanasan Suspensi Pati Serta Konsentrasi Butanol Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa Dari Tapioka. *Agritech*, 34 (3) : 308-315.
- Kristiani, Maria. 2015. *Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Sorbitol terhadap Sifat Fisiko-Kimia Bioplastik dari Pati Biji Durian (Durio zibethinus)*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Ma, X., Chang, P. R., Yang, J., & Yu, J. 2007. Preparation And Properties Of Glycerol Plasticized-Pea Starch/Zinc Oxide Bionanocomposite. *Carbohydrate Polymers*. 75: 472-478.
- Marbun, Eldo. 2012. *Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Selulosa*. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Montgomery, C. D. 2013. *Design and Analysis of Experiments*. 8th Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Radhiyatullah, Afiifah., Indriani, Novita., dan Ginting. M. Hendra S. 2015. Pengaruh Berat Pati Dan Volume Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Pati Kentang. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Sumatera Utara. Medan. Vol 4 No. 3.
- Richana, NP., Lestari., Chilmijati, N, dan Widowati, S. 2000. Karakterisasi Bahan Berpati (Tapioka, Garut dan Sagu) dan Pemanfaatannya Menjadi Glukosa Cair. Dalam L. Nuraida, R. Dewanti., Hariyadi., S. Budjianto (ed). *Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan*. Volume I PATPI. Surabaya, Hal 396-406.
- Sirait., Toni, P. 2015. *Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Talas dengan menggunakan Plasticizer Gliserol*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Stevens, E. S. 2002. What Makes Green Plastics Green?. *BioCycle*, Vol. 44(3), pp. 4-24.
- Swani, J. N. and B. Singh. 2010. Bioplastic and Global Sustainability. *Plastic Reseach Online*.
- Utari, S. 2008. *Pembuatan Bioplastik dari Campuran Rumput Laut (Gracilaria coronopifolia) dan Kitosan dengan Gliserol sebagai Plasticizer*. Skripsi. Teknik Kimia. Bandar Lampung.
- Yuniarti., Gatot dan Abdul. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu. *e-J.Agrotekbis* 2 (1) : 38-46.